

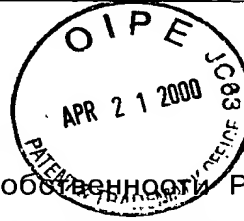


РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ  
(РОСПАТЕНТ)

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

рег. No 20/14-496(7)

21 сентября 1999 г.



**СПРАВКА**

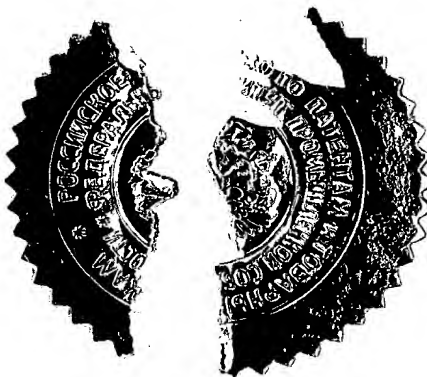
Федеральный институт промышленной собственности Российского Агентства по патентам и товарным знакам настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы и чертежей (если имеются) заявки на выдачу патента на изобретение N 98104867, поданной в марте месяце 02 дня 1998 года.

**Название изобретения:** Поляризатор.

**Заявитель (и):** Мирошин Александр Александрович.

**Действительный автор(ы):** Беляев Сергей Васильевич  
Малимоненко Николай Владимирович  
Мирошин Александр Александрович  
Хан Ир Гвон.

**RECEIVED**  
MAY 31 2002  
TC 1700



Уполномоченный заверить копию  
заявки на изобретение

  
Г.Ф.Востриков  
Заведующий отделом

## Поляризатор

Изобретение относится к оптике, а именно к оптическим поляризаторам, и может быть использовано в жидкокристаллических дисплеях, в том числе проекционного типа, в осветительной аппаратуре, в оптическом приборостроении.

В настоящее время широкое применение в технике нашли оптические поляризаторы, представляющие собой полимерную плёнку, ориентированную растяжением в одном заданном направлении в её плоскости и окрашенную по всей своей толщине органическими красителями и соединениями йода [1]. Падающий на дихроичный поляризатор [1] неполяризованный свет выходит из него преобразованным так, что в нём присутствует преимущественно лишь одна линейно-поляризованная компонента, поскольку другая компонента, линейно-поляризованная в ортогональной плоскости, практически полностью поглощается в веществе поляризатора, ось поглощения света в котором параллельна этой плоскости. Таким образом свет, прошедший через поляризатор, оказывается поляризованным в плоскости, перпендикулярной плоскости поглощения поляризатора.

Недостатком указанного пленочного дихроичного поляризатора является то, что в нем используется не более 50% энергии падающего света.

Функциональным аналогом заявляемого поляризатора может служить также источник циркулярно-поляризованного излучения и проекционная система [2]. Этот источник циркулярно-поляризованного излучения включает по крайней мере один слой холестерического жидкого кристалла, зеркало и источник неполяризованного излучения, расположенный между зеркалом и слоем холестерического жидкого кристалла. Указанный слой холестерического жидкого кристалла является поляризатором отражательного типа, т.е. средством для деления падающих на него неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, имеющие различные поляризации. В этом источнике в поляризованное излучение превращается практически вся энергия источника неполяризованного излучения.

Недостатком этого источника является то, что его конструкция объемная, а не плоская.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является известный поляризатор [3], включающий средство для преобразования входящего неполяризованного света в совокупность световых пучков изменённой геометрии, когда площадь сечения некоторой части исходного пучка уменьшается вдвое при сохранении прежней величины переносимой им световой энергии, средство для разделения каждого из указанных неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отражённый световые пучки, имеющие линейные поляризации в двух взаимно ортогональных плоскостях, средство для изменения поляризации по крайней мере одного из названных поляризованных световых пучков для придания обоим поляризованным пучкам света поляризации в одной и той же плоскости, средство, направляющее один из названных поляризованных световых пучков перпендикулярно плоскости поляризатора с целью сообщения обоим, теперь уже одинаково поляризованным световым пучкам, единого направления распространения, а именно, параллельно направлению распространения исходного неполяризованного светового пучка. В результате весь падающий на поляризатор неполяризованный свет преобразуется в свет, поляризованный в одном направлении и переносающий всю энергию падающего света в том же направлении и в том же поперечном сечении, что и падающий.

В известном поляризаторе [3], средство для деления неполяризованных световых пучков на поляризованные проходящий и отраженный световые пучки, имеющие различные поляризации, включает пару диэлектрических поверхностей, расположенных под существенно наклонными углами к оси световых пучков (под углами, близкими к углу Брюстера), а средство для изменения поляризации включает полуволновую пластинку, помещенную между названными поверхностями. В известном поляризаторе [3] средство, направляющее один из поляризованных световых пучков перпендикулярно плоскости поляризатора, включает пару диэлектрических поверхностей, расположенных под существенно наклонными углами к оси световых пучков (под углами, близкими к углу Брюстера).

Недостатком известного поляризатора [3] является сложность изготовления названных средств, содержащих множество существенно наклонных поверхностей, снабженных оптическими покрытиями, расположенных внутри тонкой диэлектрической плёнки, которую представляет собой названный известный поляризатор [3].

Задачей изобретения является упрощение конструкции указанных средств, составляющих известный поляризатор [3].

Поставленная задача решается в поляризаторе, отличающемся тем, что он выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, указанное поляризующее средство выполнено в виде микрофокусирующих оптических элементов, изготовленных из двулучепреломляющего материала, имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты света и оптически согласованных с нанесенным на поверхность пленки или пластины средством для изменения поляризации, выполненным в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластины или слоя.

Заявляемый поляризатор представляет собой устройство, включающее поляризующее средство, служащее для разделения множества неполяризованных световых пучков, составляющих падающий на поляризатор свет, на такое же множество одинаковых пар различным образом поляризованных световых пучков и средство для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков.

Названный поляризатор выполнен в виде по крайней мере одной плёнки или пластины, на поверхности которой нанесены названные поляризующее средство, выполненное в виде микрофокусирующих оптических элементов, имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты падающего на поляризатор неполяризованного света, изготовленных из двулучепреломляющего материала или из чередующихся двулучепреломляющего и оптически изотропного слоёв, и оптически согласованное с указанным поляризующим средством средство для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков. Указанные микрофокусирующие оптические элементы могут представлять собой объёмные линзы или амплитудные зонные пластинки.

Указанное средство для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков, может представлять собой секционированную просветную полуволновую двулучепреломляющую пластинку с секциями, расположенными в фокусах микрофокусирующих оптических элементов или секционированную просветную полуволновую двулучепреломляющую пластинку с секциями,

расположенными вне фокусов микрофокусирующих оптических элементов или секционированную просветную четвертьволновую двулучепреломляющую пластинку с секциями, расположенными вне фокусов микрофокусирующих оптических элементов, и просветную двулучепреломляющую пластинку, задающую разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, отличающуюся на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой секциями секционированной просветной двулучепреломляющей четвертьволновой пластинки, расположенную в фокусах микрофокусирующих оптических элементов, или секционированный просветный заполимеризованный планарный слой жидкого кристалла, имеющий твистовую структуру, с поворотом оптической оси жидкого кристалла в пределах толщины названного слоя на угол  $90^\circ$  с секциями, расположенными в фокусах фокусирующих свет оптических элементов, или секционированный просветный заполимеризованный планарный слой жидкого кристалла, имеющий твистовую структуру, с поворотом оптической оси жидкого кристалла в пределах толщины названного слоя на угол  $90^\circ$  с секциями, расположенными вне фокусов фокусирующих свет оптических элементов.

Отличительными признаками изобретения является то, что поляризатор выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, указанное поляризующее средство выполнено в виде микрофокусирующих оптических элементов, изготовленных из двулучепреломляющего материала, оптически согласованных с указанным средством для изменения поляризации и имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты света.

Существенным отличием настоящего изобретения является наличие поляризующего средства для разделения множества неполяризованных световых пучков, составляющих падающий на поляризатор свет, на такое же множество одинаковых пар различным образом поляризованных световых пучков и средства для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков.

Принцип действия заявляемого поляризатора можно представить себе следующим образом. Неполяризованный луч света, падающий на первую плоскую поверхность поляризатора, выполненного в виде плёнки или пластины, содержащую нанесённое на неё поляризующее средство, выполненное в виде микрофокусирующих оптических элементов, имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты падающего

неполяризованного света, разделяется на множество пар различным образом поляризованных световых пучков. Получившееся множество пар различным образом поляризованных световых пучков представляет собой в то же время два множества поляризованных световых пучков, в каждом из которых свет поляризован одинаково для всех пучков, входящих в состав этого множества. При этом одно из этих множеств световых пучков содержит параллельные пучки, линейно-поляризованные в одной плоскости, а другое множество световых пучков содержит пучки света, линейно-поляризованного в плоскости, ортогональной к плоскости поляризации первого множества пучков, сходящиеся в фокусах микрофокусирующих оптических элементов, которые (фокусы) регулярно расположены на второй плоской поверхности поляризатора, содержащей нанесённое на неё средство для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, выполненное в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластины, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков. По крайней мере одно множество одинаково поляризованных световых пучков, проходя через названное средство изменения поляризации, расположенное на второй поверхности поляризатора, изменяет свою поляризацию так, чтобы состояние его поляризации было одинаковым с состоянием поляризации другого множества также одинаково поляризованных световых пучков, также прошедших через вторую границу поляризатора. В результате оба названных множества выходящих из поляризатора световых пучков оказываются поляризованными одинаково, а кроме того, оба эти множества названных выходящих из поляризатора световых пучков переносят ту же по величине световую энергию, в том же направлении и через ту же площадь сечения, что и падающий на поляризатор неполяризованный свет.

Для изготовления слоя двулучепреломляющего материала, в том числе и имеющего по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне рабочих длин волн, могут использоваться в том числе следующие материалы.

1. Низкомолекулярные термотропные жидкокристаллические вещества или их смеси, например, с последующим после нанесения слоя отверждением ультрафиолетовым излучением или застеклованные тем или иным способом. Эти смеси могут сами состоять из дихроичных красителей или содержать в качестве компоненты жидкокристаллические и/или нежидкокристаллические дихроичные красители.

2. Полимерные термотропные жидкокристаллические и нежидкокристаллические вещества и/или их смеси, содержащие дихроичные красители в качестве добавки и/или химически встроенные в полимерные молекулы.

3. Лиотропные жидкокристаллические вещества и/или их смеси, содержащие в качестве компоненты жидкокристаллические и/или нежидкокристаллические дихроичные красители, а также сами являющиеся дихроичными красителями.

4. Ориентированные слои дихроичных красителей, образующиеся при нанесении растворов красителей, например методом Дрейера (патент США № 2,524,286) и по заявке Японии №1-183602 (А), которые проходят через нематическую жидкокристаллическую фазу в процессе удаления растворителя.

5. Ориентированные вытяжкой гидрофобные (не жидкокристаллические) полимерные пленки с введенными в них дихроичными красителями разных химических классов, например по патенту США № 5, 059,356 от сент.1990).

6. Ориентированные вытяжкой гидрофильные (не жидкокристаллические) полимерные пленки с введенными в них дихроичными красителями разных химических классов.

7. Слои дихроичных органических красителей полимерного строения.

8. Ориентированные молекулярно упорядоченные слои органических солей дихроичных анионных красителей.

9. Ориентированные молекулярно упорядоченные слои дихроичных красителей, способных к образованию лиотропной жидкокристаллической фазы, в том числе полимерного строения.

10. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои, сформированные из ассоциатов дихроичных красителей, содержащих ионногенные группы, по крайней мере с одним молекулом органического иона.

11. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои, сформированные из смешанных солей дихроичных анионных красителей, содержащих различные катионы.

12. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои, сформированные из ассоциатов дихроичных красителей, содержащих ионногенные группы, по крайней мере с одним молекулом поверхностно-активных ионов.

При этом дихроичные красители могут быть из класса азокрасителей, стильбеновых, антрахиноновых, полициклических, гетероциклических и т.п. , которые в свою очередь могут относиться к анионным (прямым, активным и кислотным) и катионным.

Содержащиеся во всех упомянутых материалах дихроичные красители должны иметь полосы поглощения, не лежащие в диапазоне рабочих длин волн, например, 400 - 700 нм.

Перечисленными вариантами не ограничиваются возможности использования других материалов для формирования двулучепреломляющих слоев для предлагаемого оптического поляризатора.

Выбор методов нанесения ориентированного слоя двулучепреломляющего материала зависит от вида используемого материала и не влияет на суть изобретения.

Для нанесения ориентированного слоя двулучепреломляющего материала, могут быть применены следующие стандартные способы: нанесение валиком, ракельным ножом, ракелем в форме невращающегося цилиндра, нанесение с помощью целевой фильеры и другие. В ряде случаев после нанесения слой подвергается сушке с целью удаления растворителей. В других случаях, например для нанесенных термопластичных полимерных материалов и стеклющихся материалов, нанесенный слой охлаждается после нанесения.

Другими методами, которые можно использовать для получения ориентированного слоя двулучепреломляющего материала, имеющими в процессе нанесения жидкокристаллической фазу, является нанесение этого материала на подложку, изначально подготовленную для ориентации жидкокристаллической фазы. Одним из таких методов служит однонаправленное натирание подложки или предварительно нанесенного на неё тонкого полимерного слоя, известное и применяемое для ориентации термотропных низкомолекулярных жидкокристаллических смесей при изготовлении ЖК-дисплеев.

Еще один метод получения ориентированного слоя двулучепреломляющего материала - это известный метод фотоориентации предварительно нанесенного тем или иным способом слоя с помощью облучения его линейнополяризованным ультрафиолетовым светом. При этом возможно использование методов фотолитографии для создания секционированных двулучепреломляющих слоев.

Для нанесения термотропных полимерных материалов могут быть применены экструдеры, в том числе имеющие большое количество (10-100) плоских фильер и



позволяющие наносить за один проход сразу много слоев требуемой толщины разных полимерных материалов.

Конечным результатом любых используемых методов должен быть ориентированный слой двулучепреломляющего материала, обладающий наряду с показателями преломления, значения которых различны по разным осям, также дихроизмом с оптимальными значениями показателей поглощения.

Предлагаемые конструкции поляризатора по изобретению и его элементов иллюстрируются фиг. 1 - 5.

На фиг.1 схематично показано поперечное сечение одного из вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде одной пленки, на поверхности которой нанесены: поляризующее средство, выполненное в виде объемных линз, изготовленных из двулучепреломляющего материала и средство для изменения поляризации пучков поляризованного света, выполненное в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластинки, секции которой расположены в фокусах названных объемных линз. На фиг.2 схематично показан общий вид предлагаемого поляризатора по фиг.1. На фиг.3 схематично показано поперечное сечение одного из вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде одной пленки, на поверхности которой нанесены: поляризующее средство, выполненное в виде объемных линз, изготовленных из двулучепреломляющего материала и средство для изменения поляризации пучков поляризованного света, выполненное в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластинки, секции которой расположены вне фокусов названных объемных линз. На фиг.4 схематично показано поперечное сечение одного из вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде одной пленки, на поверхности которой нанесены: поляризующее средство, выполненное в виде амплитудных зонных пластинок, изготовленных из чередующихся слоёв двулучепреломляющего и изотропного материалов, и средство для изменения поляризации пучков поляризованного света, выполненное в виде секционированной просветной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки, секции которой расположены вне фокусов названных амплитудных зонных пластинок, в промежутках между секциями которой в фокусах названных амплитудных зонных пластинок расположены просветные двулучепреломляющие пластинки, задающие разность фаз между обыкновенными

и необыкновенными лучами, отличающимися на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой названной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинкой. На фиг.5 представлен поперечный разрез одной из возможных конструкций амплитудной зонной пластинки, использованной в варианте предлагаемого поляризатора по фиг.4.

На фиг.1 схематично показано поперечное сечение одного из вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде одной плёнки 1, на поверхности которой нанесены: поляризующее средство, выполненное в виде объёмных линз 2, изготовленных из двулучепреломляющего материала и средство для изменения поляризации пучков 8 поляризованного света, выполненное в виде секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки, секции 4 которой расположены в фокусах названных объёмных линз 2. Средство для изменения поляризации пучков 8 поляризованного света может быть также выполнено в виде секционированного просветного заполимеризованного двулучепреломляющего слоя жидкого кристалла, имеющего твистовую структуру, с поворотом оптической оси жидкого кристалла в пределах толщины названного слоя на угол  $90^\circ$ , секции 4 которого также расположены в фокусах названных объёмных линз 2.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.1 ход лучей различных поляризаций 6 и 8, а соответственно и их продолжений 7 и 9, показан на соседних элементарных ячейках рассматриваемого поляризатора). Неполяризованный свет 5 падает на первую поверхность поляризатора, с расположенными на ней объёмными линзами 2. Проходя через объёмную линзу 2, изготовленную из двулучепреломляющего материала, с расположением оптической оси 3 в плоскости рисунка и с обыкновенным показателем преломления равным показателю преломления изотропного материала плёнки 1, линейно-поляризованная перпендикулярно плоскости рисунка компонента 6 падающего на поляризатор неполяризованного света 5 не испытывает преломления на границе раздела линзы 2 и плёнки 1, благодаря чему пучок света 6, продолжая сохранять направление и форму падающего пучка света 5, проходит через вторую границу плёнки 1, образуя параллельный пучок 7 света, поляризованного перпендикулярно рисунку. Секционированная просветная полуволновая ~~двулучепреломляющая~~ пластинка практически не влияет на поляризацию параллельных пучков ~~света 7~~, т.к. поперечные размеры её секций 4 выбираются много меньше поперечных ~~размеров~~ объёмных линз 2 (например, поперечные размеры секций 4 полуволновой пластинки составляют 10 микрометров, а

поперечные размеры микролинз - 100-200 микрон). Проходя через объёмную линзу 2, изготовленную из двулучепреломляющего материала, с расположением оптической оси 3 в плоскости рисунка и с необыкновенным показателем преломления, превосходящим показатель преломления изотропного материала плёнки 1, линейнополяризованная в плоскости рисунка компонента 8 падающего на поляризатор неполяризованного света 5 фокусируется линзой 2 на второй поверхности плёнки 1, где располагается секция 4 секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки, которая при прохождении через неё сходящегося пучка света 8 изменяет его поляризацию, формируя расходящийся пучок 9 света, поляризованного перпендикулярно плоскости рисунка. Такое изменение плоскости поляризации обусловлено известными оптическими свойствами просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки. Расходимость пучка света 9 зависит от отношения поперечных размеров линзы 2 и толщины плёнки 1, и при достаточно малой величине этого отношения (например 1:10 при поперечном размере линзы 100 микрон и толщине плёнки 1 миллиметр) может быть сделана не более  $3^\circ$ , что является приемлемым в большинстве приложений. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой линейной поляризацией высокой степени.

На фиг.2 схематично показан общий вид предлагаемого поляризатора, поперечное сечение которого показано на фиг.1. Поляризатор выполнен в виде одной плёнки или пластины 1, на первой поверхности которой нанесена система цилиндрических микролинз 2, изготовленных из двулучепреломляющего материала, а на второй поверхности плёнки или пластины 1 нанесено средство для изменения поляризации падающего на него линейнополяризованного пучка света в виде системы полос 4 просветных двулучепреломляющих плёнок, оптически согласованной с названной системой цилиндрических микролинз 2. На фиг.2 показан также ход пучка 5 падающего на поляризатор неполяризованного света и ход совпадающих по направлению пучков 7 и 9 выходящего из поляризатора света линейнополяризованного в одной плоскости.

На фиг.3 схематично показано поперечное сечение одного из вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде одной плёнки 1, на поверхности которой нанесены: поляризующее средство, выполненное в виде объёмных линз 2, изготовленных из двулучепреломляющего материала и средство для изменения поляризации пучков 6

поляризованного света, выполненное в виде секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки, секции 4 которой расположены вне фокусов названных объёмных линз 2. Средство для изменения поляризации пучков 6 поляризованного света может быть также выполнено в виде секционированного просветного заполимеризованного двулучепреломляющего слоя жидкого кристалла, имеющего твистовую структуру, с поворотом оптической оси жидкого кристалла в пределах толщины названного слоя на угол  $90^\circ$ , секции которого также расположены вне фокусов названных объёмных линз 2.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.3 ход лучей различных поляризаций 6 и 8, а соответственно и продолжений 7 и 9, показан на соседних элементарных ячейках рассматриваемого поляризатора). Неполаризованный свет 5 падает на первую поверхность поляризатора, расположенными на ней объёмными линзами 2. Проходя через объёмную линзу, изготовленную из двулучепреломляющего материала, с расположением оптической оси в плоскости рисунка и с обыкновенным показателем преломления равным показателю преломления изотропного материала плёнки 1, линейнополяризованная перпендикулярно плоскости рисунка компонента 6 падающего на поляризатор неполаризованного света 5 испытывает преломления на границе раздела линзы 2 и плёнки 1, благодаря чему пучок света 6, продолжает сохранять направление и форму падающего пучка света 5. Проходя через вторую границу плёнки 1 с расположенными на ней секциями 4 секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки, пучок света 6 изменяет свою поляризацию, образуя параллельный пучок 7 света, поляризованного в плоскости рисунка. Такое изменение плоскости поляризации обусловлено известными оптическими свойствами просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки. Промежутки между секциями секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки практически не влияют на поляризацию параллельных пучков света 7, т.к. поперечные размеры этих промежутков выбираются много меньше поперечных размеров объёмных линз 2 (например поперечные размеры промежутков между секциями 4 полуволновой пластинки составляют микрометры, а поперечные размеры микролинз - ~~100-200 микрометров~~). Проходя через объёмную линзу 2, изготовленную из двулучепреломляющего материала, с расположением оптической оси 3 в плоскости рисунка и с ~~необыкновенным~~ показателем преломления, превосходящим показатель преломления изотропного материала плёнки

линейнополяризованная в плоскости рисунка компонента 8 падающего на поляризатор неполяризованного света 5 фокусируется линзой 2 на второй поверхности плёнки 1, попадая в промежуток между двумя соседними секциями 4 секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки и выходя из поляризатора в виде расходящегося пучка 9 света, поляризованного как и пучок 8 в плоскости рисунка. Расходимость пучка света 9 зависит от отношения поперечных размеров линзы 2 и толщины плёнки 1 и при достаточно малой величине этого отношения (например 1:10 при поперечном размере линзы 100 микрометров и толщине плёнки 1 миллиметр) может быть сделана не более  $3^\circ$ , что является приемлемым в большинстве приложений. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 практически полностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой линейной поляризацией высокой степени.

На фиг.4 схематично показано поперечное сечение одного из вариантов предлагаемого поляризатора, выполненного в виде одной плёнки 1, на поверхности которой нанесены: поляризующее средство, выполненное в виде амплитудных зонных пластинок 2, изготовленных из чередующихся слоёв двулучепреломляющего и изотропного материалов, и средство для изменения поляризации пучков 6 и 8 поляризованного света, выполненное в виде секционированной просветной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки, секции 4 которой расположены вне фокусов названных амплитудных зонных пластинок 2, в промежутках между секциями которой в фокусах названных амплитудных зонных пластинок расположены просветные двулучепреломляющие пластинки 4.1, задающие разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, отличающуюся на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой названными просветными четвертьволновыми двулучепреломляющими пластинками 4.

Работу предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом (для ясности понимания на фиг.4 ход лучей различных поляризаций 6 и 8, а соответственно и их продолжений 7 и 9, показан на соседних элементарных ячейках рассматриваемого поляризатора). Неполяризованный свет 5 падает на первую поверхность поляризатора, с расположенными на ней амплитудными зонными пластинками 2. Проходя через амплитудную зонную пластинку 2, изготовленную из чередующихся слоёв двулучепреломляющего и изотропного материалов с расположением оптической оси 3 названного двулучепреломляющего материала в плоскости рисунка и с обыкновенным показателем преломления равным показателю преломления названного изотропного материала,

линейнополяризованная перпендикулярно плоскости рисунка компонента 6 падающего на поляризатор неполяризованного света 5 не испытывает отражения от границ раздела чередующихся двулучепреломляющего и изотропного слоёв, благодаря чему пучок света 6, продолжает сохранять направление и форму падающего пучка света 5. Проходя через вторую границу плёнки 1 с расположенными на ней вне фокуса названной амплитудной зонной пластинки 2 секциями 4 секционированной просветной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки, пучок 6 света, линейнополяризованного перпендикулярно плоскости рисунка, изменяет свою поляризацию, образуя параллельный пучок 7 циркулярно поляризованного света. При этом просветная двулучепреломляющая пластинка 4.1, расположенная в промежутках между названными секциями 4 просветной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки, задающая разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, отличающуюся на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой названными секциями 4 просветной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки, практически не влияет на поляризацию параллельных пучков света 7, т.к. её поперечные размеры выбираются много меньше поперечных размеров амплитудной зонной пластинки 2 (например, поперечные размеры двулучепреломляющей пластинки 4.1 составляют 10 микрометров, а поперечные размеры амплитудной зонной пластинки - 100-200 микрометров). Проходя через амплитудную зонную пластинку 2, изготовленную из чередующихся слоёв двулучепреломляющего и изотропного материалов, с расположением оптической оси 3 названного двулучепреломляющего материала в плоскости рисунка и с необыкновенным показателем преломления, превосходящим показатель преломления названного изотропного материала, поляризованная в плоскости рисунка линейнополяризованная компонента 8 падающего на поляризатор неполяризованного света 5 фокусируется амплитудной зонной пластинкой 2 на второй поверхности плёнки 1, где располагается просветная двулучепреломляющая пластинка 4.1, задающей разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, отличающуюся на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой четвертьволновыми двулучепреломляющими пластинками 4, которая при прохождении через неё сходящегося пучка 8 света, линейнополяризованного в плоскости рисунка, изменяет его поляризацию, формируя расходящийся пучок 9 циркулярнополяризованного света того же знака, что и циркулярнополяризованный свет в пучке 7. Такое изменение плоскости поляризации пучков 7 и 9 обусловлено известными оптическими свойствами соответственно просветной четвертьволновой двулучепреломляющей

пластинки и двулучепреломляющей пластинки, задающей разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, отличающуюся на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой четвертьволновой пластинкой. Расходимость пучка света 9 зависит от отношения поперечных размеров амплитудной зонной пластинки 2 и толщины плёнки 1 и при достаточно малой величине этого отношения (например 1:10 при поперечном размере линзы 100 микрометров и толщине плёнки 1 мм) может быть сделана не более  $3^\circ$ , что является приемлемым в большинстве приложений. Таким образом, в результате действия поляризатора энергия неполяризованного света 5 с высокой эффективностью превращается в энергию выходящих поляризованных пучков 7 и 9 с одинаковой циркулярной поляризацией высокой степени.

На фиг.5 представлен поперечный разрез одной из возможных конструкций амплитудной зонной пластинки, использованной в варианте предлагаемого поляризатора по фиг.4.

В конструкции амплитудной зонной пластинки 2, поперечное сечение которой изображено на фиг.5, используются участки 2.1 двулучепреломляющего материала с показателями преломления  $n_o$  обыкновенного луча и  $n_e$  необыкновенного луча, условно обозначенные оптические оси 3 которых, расположены в плоскости рисунка, находящиеся между слоями оптически изотропного материала 2.2, 2.3, и 2.4 с показателем преломления  $n_o$ . Благодаря этому обстоятельству указанная зонная пластинка пропускает без изменения геометрии пучка и интенсивности света пучки 5.1 и 5.3 света, поляризованного перпендикулярно плоскости рисунка, образуя на выходе из указанной зонной пластинки параллельный пучок 6 света, линейнополяризованного перпендикулярно плоскости рисунка, и пропускает пучки 5.4, задерживая пучки 5.2, как те так и другие линейнополяризованные в плоскости рисунка, формируя из них вследствие явления дифракции сходящийся пучок 8, также линейнополяризованный в плоскости рисунка. Для обеспечения описанного действия указанной зонной пластинки должны соблюдаться определённые соотношения между показателями преломления  $n_e$ ,  $n_o$ , длиной волны света  $\lambda$ , толщиной слоя 2.1, а также толщинами слоёв 2.2 и 2.4 в случае многослойной амплитудной зонной пластинки, обеспечивающие отсутствие пропускания пучков 5.2, линейнополяризованных в плоскости рисунка, участками указанной амплитудной зонной пластинки с областями 2.1 плёнки из двулучепреломляющего материала вследствие явления интерференции в тонких плёнках. Например, для случая, изображённого на фиг.5 это соотношение имеет вид  $2d_2n_e + \lambda/2 = m\lambda$ , где  $m$  - целое число, называемое порядком интерференции. Таким образом, на выходе из

зонной пластинки формируются два пучка света параллельный 6 и сходящийся 8, имеющие линейную поляризацию в двух взаимно ортогональных плоскостях.

Приведённые на фиг.1 - 4 конструкции средств для разделения каждого из неполяризованных световых пучков 5 на два линейнополяризованных световых пучка 6 и 8, имеющих различные линейные поляризации, и средств для изменения поляризации по крайней мере одного из поляризованных световых пучков 6 и 8 могут сочетаться между собой в других всевозможных вариантах.

Таким образом, заявляемый поляризатор обеспечивает превращение практически всей энергии неполяризованного излучения в поляризованное излучение при относительно простой конструкции, представляющей собой по крайней мере одну пленку или пластину с нанесенным на ее поверхность поляризующим средством, в виде микрофокусирующих оптических элементов, изготовленных из двулучепреломляющего материала, имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты света и оптически согласованных с нанесенным на поверхность пленки или пластины средством для изменения поляризации, выполненным в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластины или слоя.



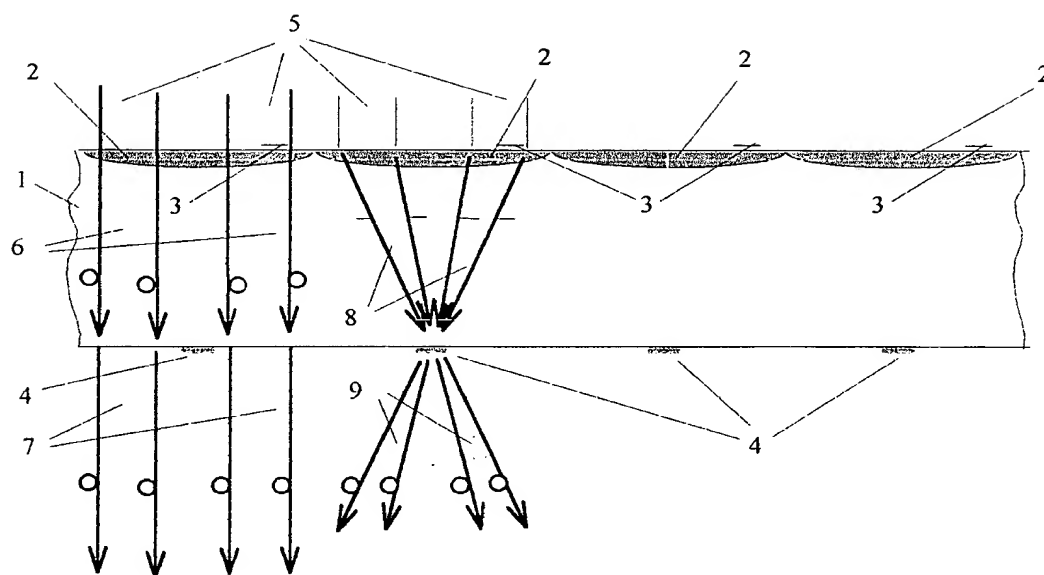
## Формула изобретения

1. Поляризатор, включающий поляризующее средство для разделения множества неполяризованных световых пучков, составляющих падающий на поляризатор свет, на такое же множество одинаковых пар различным образом поляризованных световых пучков и средство для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, указанное поляризующее средство выполнено в виде микрофокусирующих оптических элементов, изготовленных из двулучепреломляющего материала, имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты света и оптически согласованных со средством для изменения поляризации, выполненным в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластины или слоя.
2. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что микрофокусирующий оптический элемент выполнен в виде объемной линзы, содержащей по крайней мере один слой двулучепреломляющего материала, граничащего с по крайней мере одним слоем изотропного материала.
3. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что микрофокусирующий оптический элемент выполнен в виде амплитудной зонной пластинки, чётные зоны которой, изготовлены из по крайней мере трёх чередующихся двулучепреломляющих и оптически изотропных слоёв, её нечётные зоны изготовлены из оптически изотропного материала.
4. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для изменения поляризации выполнено в виде секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки с секциями, расположенными в фокусах микрофокусирующих оптических элементов.
5. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для изменения поляризации выполнено в виде секционированной просветной полуволновой двулучепреломляющей пластинки с секциями, расположенными вне фокусов микрофокусирующих оптических элементов.

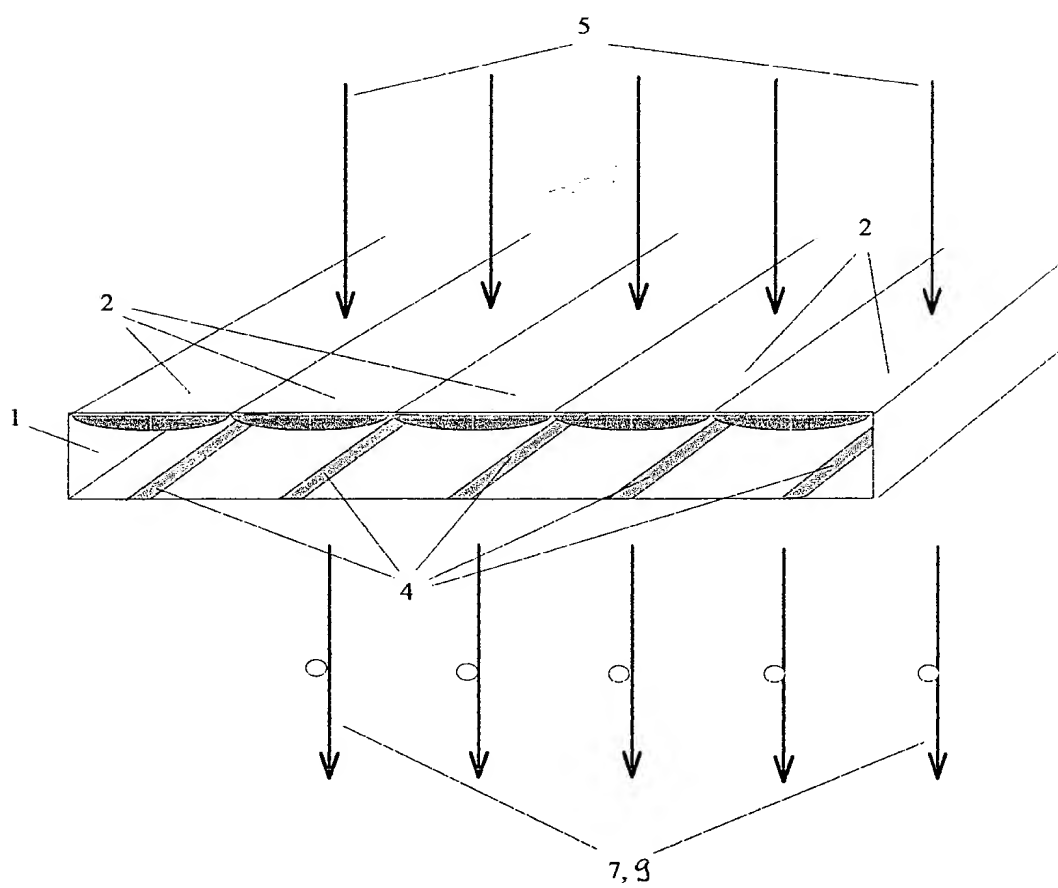
6. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для изменения поляризации выполнено в виде секционированной просветной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки с секциями, расположенными вне фокусов фокусирующих свет оптических элементов, и в виде просветных двулучепреломляющих пластинок, задающих разность фаз между обыкновенным и необыкновенным лучами, отличающуюся на  $\pi$  от разности фаз, задаваемой секциями названной четвертьволновой двулучепреломляющей пластинки, расположенных в фокусах названных фокусирующих свет оптических элементов.
7. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для изменения поляризации выполнено в виде секционированного просветного заполимеризованного планарного слоя жидкого кристалла, имеющего твистовую структуру, с поворотом оптической оси жидкого кристалла в пределах толщины названного слоя на угол  $90^\circ$  с секциями, расположенными в фокусах фокусирующих свет оптических элементов.
8. Поляризатор по п.1, отличающийся тем, что средство для изменения поляризации выполнено в виде секционированного просветного заполимеризованного планарного слоя жидкого кристалла, имеющего твистовую структуру, с поворотом оптической оси жидкого кристалла в пределах толщины названного слоя на угол  $90^\circ$  с секциями, расположенными вне фокусов фокусирующих свет оптических элементов.

Источники информации, принятые во внимание при составлении заявки.

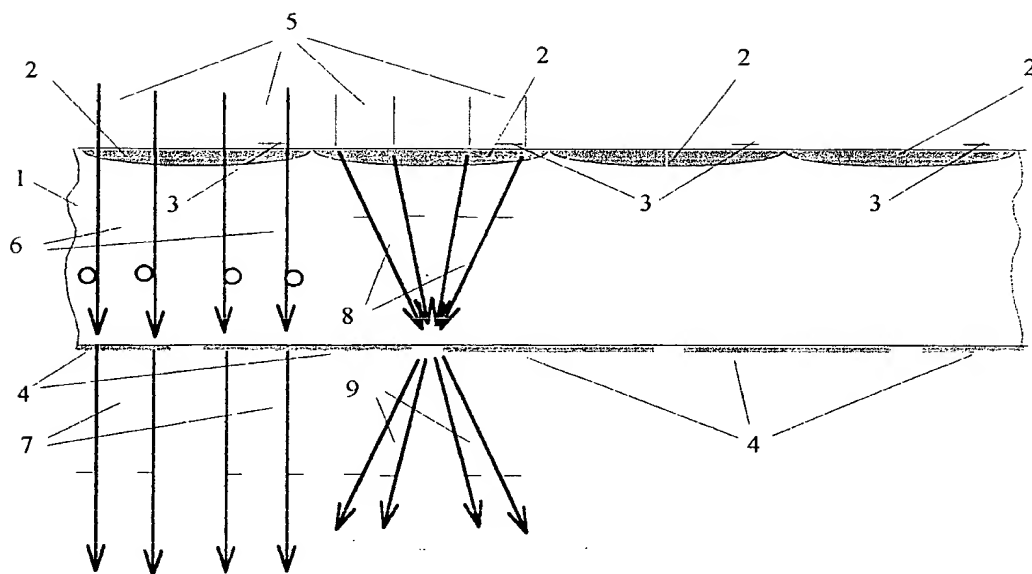
1. Патент США 5,007,942, кл. G 02 B 5/30, опубл. 1991
2. Патент Российской Федерации 2068573, кл. G 02 F 1/13, опубл. 1996
3. Патент США 5,650,873, кл. G 02 B 5/30, опубл. 1997 - прототип
4. Патент США 2,524,286, кл. 350-155, опубл. 1950



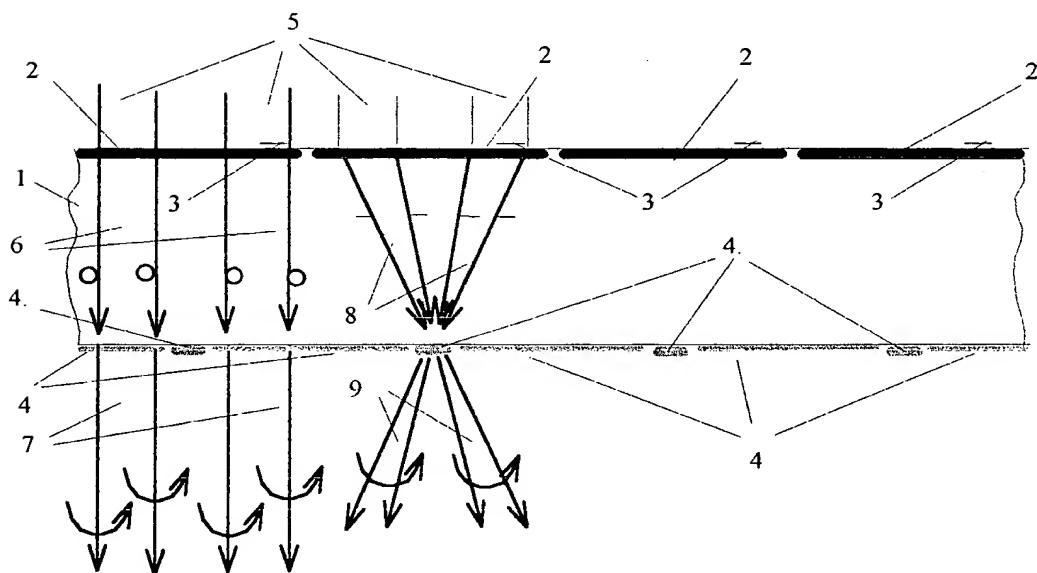
Фиг. 1.



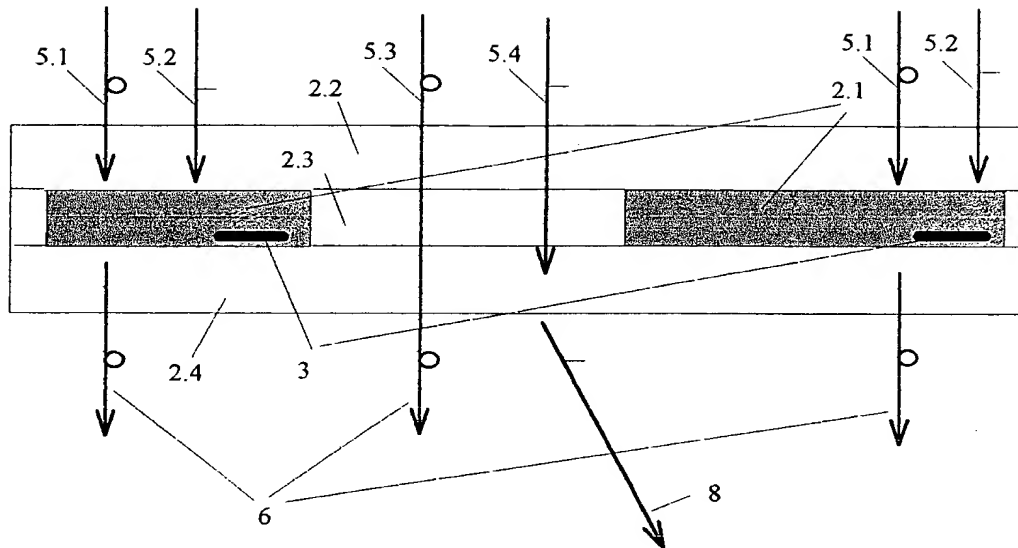
Фиг. 2



Фиг. 3.



Фиг. 4



Фиг. 5.

## Реферат

Изобретение относится к оптике, а именно к оптическим поляризаторам, и может быть использовано в жидкокристаллических дисплеях, в том числе проекционного типа, в осветительной аппаратуре, в оптическом приборостроении.

Предлагается поляризатор, включающий поляризующее средство для разделения множества неполяризованных световых пучков, составляющих падающий на поляризатор свет, на такое же множество одинаковых пар различным образом поляризованных световых пучков и средство для изменения поляризации по крайней мере одного множества одинаково поляризованных световых пучков, входящих в состав названного множества пар различным образом поляризованных световых пучков, отличающийся тем, что он выполнен в виде по крайней мере одной пленки или пластины, названные средства нанесены на ее поверхности, указанное поляризующее средство выполнено в виде микрофокусирующих оптических элементов, изготовленных из двулучепреломляющего материала, имеющих различную оптическую силу для каждой поляризованной компоненты света и оптически согласованных с указанным средством для изменения поляризации, выполненным в виде секционированной просветной двулучепреломляющей пластины или слоя.

Заявляемый поляризатор обеспечивает превращение практически всей энергии неполяризованного излучения в поляризованное излучение при относительно простой конструкции, представляющей собой по крайней мере одну пленку или пластину с нанесенным на ее поверхность поляризующим средством и средством для изменения поляризации.

7 з.п. ф-лы, 5 илл.

24.03/111411

N3

RUSSIAN AGENCY FOR PATENTS AND TRADEMARKS  
(ROSPATENT)  
FEDERAL INSTITUTE FOR INDUSTRIAL PROPERTY

Reg. No. 20/14-496(7)

September 21, 1999

THIS IS TO CERTIFY

By Federal Institute for Industrial Property of Russian Agency for Patents and Trademarks that the materials appended hereto are the exact reproduction of the original specification, claims and drawings (if any) of Application No. 98104867 for patent on invention as filed on the 2nd day of March, 1998.

Title of the invention: A polarizer

Applicant(s): MIROSHIN Alexandr Alexandrovich

Actual author(s): BELYA'YEV Sergey Vasil'yevich  
MALIMONENKO Nikolay Vladimirovich  
MIROSHIN Alexandr Alexandrovich  
HAN Ir Gwon

Authorized signer of the copy of  
application for patent on invention

/signature/

G.F. Vostrikov

Head of Division

## A POLARIZER

The invention relates to optics, particularly to optical polarizers that can be suitably used in liquid-crystal displays, including those of the projection type, in lighting fixtures and optical engineering.

Presently in technology extensively used are optical polarizers representing a polymer film, oriented by extension in one predetermined direction in the plane thereof and dyed throughout its thickness by organic dyes and iodine compounds [1]. When a non-polarized light is incident upon a dichroic-type polarizer [1], it leaves the same as converted such that there is, predominantly, only one linearly-polarized component, because the other component, linearly-polarized in the orthogonal plane, practically entirely is absorbed in the polarizer substance, wherein the light absorption axis is parallel to said plane. Thus, the light that passed a polarizer becomes polarized in the plane that is perpendicular to the polarizer's absorption plane.

A disadvantage of said film dichroic polarizer is that therein not more than 50% of the incident energy light are utilized.

A source of the circularly-polarized radiation and a projection system [2] can also serve as the functional analog of the claimed polarizer. Said source of the circularly-polarized radiation includes at least one layer of a cholesteric liquid crystal, a mirror and a non-polarized radiation source disposed between the mirror and the cholesteric liquid crystal layer. Said cholesteric liquid crystal layer is a polarizer of the reflection type, i.e. a means for dividing the non-polarized light beams incident thereon into the polarized passing and reflected light beams having different polarizations. In said source practically all energy of the non-polarized radiation source is converted into the polarized radiation.

A disadvantage of said source is that it has a spatial structure, not the planar one.

In terms of the technical essence, the most pertinent prior art of the claimed polarizer is the known polarizer [3], comprising a means for converting the incoming non-polarized light into a plurality of light beams of an altered geometry, when the cross-section area of some portion of the initial beam is diminished two times while preserving the previous values of the light energy transferred by said initial beam, a means for dividing each of said non-polarized light beams into the polarized passing and reflected light beams having linear polarizations in two mutually orthogonal planes, a means for



changing polarization of at least one of said polarized light beams so that to provide both polarized light beams with polarization in the same plane, a means that directs one of said polarized light beams perpendicularly to the polarizer plane so that to provide both, now identically polarized light beams, with the single direction of propagation, namely in the direction parallel to that of distribution of the initial non-polarized light beam. As the result, the entire incident on the polarizer non-polarized light is converted into the light polarized in a single direction and transferring the entire energy of the incident light in the same direction and in the same cross-section as the incident light.

In the known polarizer [3], a means for dividing the non-polarized light beams into the passing and reflected light beams having different polarizations includes a pair of dielectric surfaces positioned at essentially inclined angles with respect to axis of the light beams (at the angles approximating Brewster angle), and a means for changing polarization includes an half-wave plate positioned between said surfaces. In the known polarizer [3], a means that directs one of the polarized light beams perpendicularly to the polarizer plane, includes a pair of dielectric surfaces disposed at essentially inclined angles with respect to axis of the light beams (at the angles approximating Brewster angle).

A disadvantage of the known polarizer [3] is a difficult manufacture of said means comprising a plurality of essentially inclined surfaces provided with optical coatings positioned inside a thin dielectric film represented by said known polarizer [3].

The goal of the invention consists in a simplification of design of said means constituting said polarizer [3].

The set goal is to be attained in a polarizer characterized in that it is implemented in the form of at least one film or plate, said means being applied on the surface thereof, said polarizing means being implemented in the form of microfocusing optical elements made of a birefringent material, having different focal power for each polarized light component and optically matched with the applied on the film or plate surface means for changing polarization, implemented in the form of a sectioned translucent birefringent plate or layer.

The claimed polarizer is a device, comprising a polarizing means serving for dividing a plurality of the non-polarized light beams that constitute the light incident of the polarizer, into the same plurality of identical pairs of differently polarized light beams, and

a means for changing polarization of at least one plurality of identically polarized light beams comprised by said plurality of pairs of the differently polarized light beams.

Said polarizer is implemented in the form of at least one film or plate on whose surface applied are said polarizing means implemented in the form of microfocusing optical elements having different focal power for each polarized component of the non-polarized light incident on the polarizer, which elements are made of a birefringent material or of interleaved birefringent and optically isotropic layers, and optically matched with said polarizing means, a means for changing polarization of at least one plurality of identically polarized light beams comprised by said plurality of pairs of differently polarized light beams. Said microfocusing optical elements can be spatial lenses or amplitude-zone plates.

Said means for changing polarization of at least one plurality of the identically polarized light beams comprised by said plurality of pairs of differently polarized light beams can be a sectioned translucent half-wave birefringent plate having sections disposed in the focuses of the microfocusing optical elements, or a sectioned translucent half-wave birefringent plate with sections disposed outside the focuses of the microfocusing optical elements, or a sectioned translucent quarter-wave birefringent plate with sections disposed outside the focuses of the microfocusing optical elements, and a translucent birefringent plate determining the phase difference between the extraordinary and ordinary rays, different by  $\pi$  from the phase difference determined by sections of a sectioned translucent birefringent quarter-wave plate disposed in the focuses of the microfocusing optical elements, or a sectioned translucent polymerized planar layer of a liquid crystal, having the twisted structure, with rotation of the liquid crystal optical axis within thickness of said layer at angle  $90^\circ$ , with sections disposed in the focuses of the light-focusing optical elements, or a sectioned translucent polymerized planar layer of a liquid crystal having the twisted structure, with rotation of the liquid crystal optical axis within thickness of said layer at angle  $90^\circ$ , with sections disposed outside the focuses of the light-focusing optical elements.

The distinguishing features of the invention are that the polarizer is implemented in the form of least one film or plate, said means being applied on the surface thereof, said polarizing means being implemented in the form of microfocusing optical elements made

of a birefringent material, optically matched with said means for changing polarization and having different focal power for each polarized component of the light.

The essential characteristic of the invention is the presence of a polarizing means for dividing a plurality of non-polarized light beams, constituting the light incident on the polarizer, into the same plurality of identical pairs of differently polarized light beams, and a means for changing polarization of at least one plurality of identically polarized light beams comprised by said plurality of pairs of differently polarized light beams.

Principle of operation of the claimed polarizer can be represented as follows. A non-polarized light ray that is incident upon a first planar surface of the polarizer made of a film or plate comprising the applied thereon a polarizing means in the form of microfocusing optical elements having different focal power for each polarized component of the incident non-polarized light, is divided into a plurality of pairs of differently polarized light beams. The so obtained plurality of pairs of differently polarized light beams presents, at the same time, two pluralities of polarized light beams; in each of them the light is polarized identically for all the beams comprised by said plurality. Further, one of said pluralities of light beams comprises parallel beams, linearly-polarized in one plane, and the other plurality of light beams comprises light beams linearly-polarized in the plane that is orthogonal with the polarization plane of the first plurality of beams convergent in focuses of the microfocusing optical elements, which (focues) are regularly arranged on a second planar surface of the polarizer, which second plane comprises the applied thereon means for changing polarization of at least one plurality of the identically polarized light beams, which means is implemented in the form of a sectioned translucent birefringent plate, and which identically polarized light beams are comprised by said plurality of pairs of the differently polarized light beams. At least one plurality of the identically polarized light beams, passing through said means for changing polarization, disposed on the second surface of the polarizer, changes its polarization such that state of its polarization is identical with the polarization state of the other plurality of also identically polarized light beams that also passed through the second boundary of the polarizer. As the result, both said pluralities of the light beams leaving the polarizer become polarized identically, and further both pluralities of said light beams leaving the polarizer transfer the same value of the light energy, in the same direction and through the same cross-section area as the non-polarized light incident on the polarizer.

For manufacture of a birefringent material layer, inclusive of that having at least one refractive index that grows as the polarized light wavelength increases at least in some range of the operation wavelengths, the following, inter alia, materials can be used.

1. Low-molecular thermotropic liquid crystal substances or their mixtures, for example, with subsequent, after a layer has been applied, solidification by ultraviolet radiation, or vitrified in a way. These mixtures in turn can consist of dichroic dyes or comprise, as a component, liquid-crystal and/or non-liquid-crystal dichroic dyes.
2. Polymeric thermotropic liquid-crystal or non-liquid-crystal substances and/or their mixtures, comprising dichroic dyes as an additive and/or chemically embedded into polymeric molecules.
3. Lyotropic liquid-crystal substances and/or their mixtures, comprising, as a component, liquid-crystal and/or non-liquid-crystal dichroic dyes, which in turn also are dichroic dyes.
4. Oriented layers of dichroic dyes formed as a result of application of dye solutions, e.g. by Dreier technique (US patent # 2,524,286) and according to JP application # 1-183602(A), which pass through a nematic liquid-crystal phase in the course of removal of a solvent.
5. Drawn-oriented hydrophobic (non-liquid-crystal) polymeric films, having dichroic dyes of various chemical classes, introduced thereto, e.g. according to US patent # 5,059,356, Sept. 1990).
6. Drawn-oriented hydrophilic (non-liquid-crystal) polymeric films having dichroic dyes of various chemical classes, introduced thereto.
7. Layers of dichroic organic dyes of the polymeric structure.
8. Oriented molecularly-arranged layers of organic salts of dichroic anionic dyes.
9. Oriented molecularly-arranged layers of dichroic dyes capable of forming a lyotropic liquid-crystal phase, inclusive of those of the polymeric structure.
10. Anisotropically-absorbing birefringent layers formed of associates of dichroic dyes, comprising ionogen groups having at least one mole of an organic ion.
11. Anisotropically-absorbing birefringent layers formed of mixed salts of dichroic anionic dyes, comprising different cations.

12. Anisotropically-absorbing birefringent layers formed of associates of dichroic dyes, comprising ionogen groups having at least one mole of surfactant ions.

Further, the dichroic dyes can be of the following classes: asodyes, stilbenic, anthraquinonic, polycyclic, heterocyclic, etc. dyes, which in turn can belong to the anionic (direct, active and acid) and cationic dyes.

The dichroic dyes comprised by all mentioned materials must have the absorption bands situated outside the operation wavelength range, e.g. 400-700 nm.

Possibility of using other materials for forming birefringent layers for the proposed optical polarizer is not restricted by the above-mentioned versions.

Selection of techniques for applying an oriented layer of a birefringent material depends on the type of used materials used, and does not affect the essence of the invention.

The following standard methods can be used for application of a birefringent layer: application by a roller, doctor blade, blade in the form of a non-rotatable cylinder, applying with the use of a sheet die and other. In some cases, a layer, after it has been applied, is subjected to drying to eliminate solvents. In other cases, for example, for application of thermoplastic polymer materials and vitrified materials, the applied layer is cooled after it has been applied.

The other techniques that can be used for producing an oriented layer of a birefringent material, having a liquid-crystal phase in the course of application, is application of such material on a substrate initially prepared for orientation of a liquid-crystal phase. One of such techniques is the unidirectional rubbing of a substrate, or that of a thin polymeric layer preliminarily applied thereon, which technique is known and used for orienting the thermotropic low-molecular liquid crystal-mixtures for manufacture of LC-displays.

Another technique for producing an oriented layer of a birefringent material is the known technique of photo-orientation of a preliminarily applied, in a way, layer by irradiation of the same with linearly-polarized ultraviolet light. For formation of sectioned birefringent layers also possible is the use of photolithography techniques.

For application of thermotropic polymeric materials, extruders, inclusive of those having a great number (10-100) of sheet dies and allowing to apply, in one run, many layers of the required thickness of various polymeric materials, can be used.

The final result of any used technique must be an oriented layer of a birefringent material, possessing, apart from the refractive indices whose values vary at different axes, the dichroism exhibiting the optimum values of absorption indices.

The proposed designs of the polarizer, and its members, according to the invention are shown in Fig. 1 - 5.

Fig. 1 schematically shows a cross-section of an embodiment of the proposed polarizer implemented in the form of a single film on whose surface applied are: a polarizing means in the form of spatial lenses made of a birefringent material, and means for changing polarization of the polarized light beams, made in the form of a sectioned translucent plate whose sections are disposed in the focuses of said spatial lenses. Fig. 2 schematically shows a general view of the proposed polarizer according to Fig. 1. Fig. 3 schematically shows a cross-section of an embodiment of the proposed polarizer implemented in the form of a single film on whose surface applied are: a polarizing means implemented in the form of spatial lenses made of a birefringent material, and means for changing polarization of the polarized light beams, made in the form of a sectioned translucent birefringent plate whose sections are disposed outside the focuses of said spatial lenses. Fig. 4 schematically shows a cross-section of an embodiment of the proposed polarizer implemented in the form of a single film on whose surface applied are: a polarizing means in the form of amplitude-zone plates, made of interleaved layers of birefringent and isotropic materials, and a means for changing polarization of the polarized light beams implemented in the form of a sectioned translucent quarter-wave birefringent plate whose sections are disposed outside the focuses of said amplitude-zone plates, in spacings between sections of which quarter-wave plate, in the focuses of said amplitude-zone plates, disposed are translucent birefringent plates that determine the phase difference between the ordinary and extraordinary rays, which difference differs by  $\pi$  from the phase difference determined by said quarter-wave birefringent plate. Fig. 5 shows a cross-section of one of the possible designs of an amplitude-zone plate used in embodiment of the proposed polarizer according to Fig. 4.

Fig. 1 schematically shows a cross-section of an embodiment of the proposed polarizer implemented in the form of a single film 1 on whose surface applied are: a polarizing means in the form of spatial lenses 2 made of a birefringent material, and a

means for changing polarization of polarized light beams 8, which means is implemented in the form of a sectioned translucent half-wave birefringent plate whose sections 4 are disposed in the focuses of said spatial lenses 2. Means for changing polarization of polarized light beams 8 can be also implemented in the form of a sectioned translucent polymerized birefringent layer of a liquid crystal having the twisted structure, with rotation of optical axis of a liquid crystal within thickness of said layer by angle  $90^\circ$ , sections 4 of this means being also disposed in the focuses of said spatial lenses 2.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, in Fig. 1 the travel path of rays of different polarizations 6 and 8, and, respectively, that of their continuations 7 and 9 are shown on adjacent elementary cells of the considered polarizer). Non-polarized light 5 is incident on a first surface of the polarizer whereon spatial lenses 2 are situated. Having passed through spatial lens 2 made of a birefringent material and wherein optical axis 3 is disposed in the pattern plane and the ordinary refractive index is equal to that of an isotropic material of film 1, the linearly-polarized, perpendicularly to the pattern plane, component 6 of non-polarized light 5 incident on the polarizer is not refracted on the interface of lens 2 and film 1, such that light beam 6, retaining the direction and shape of incident light beam 5, passes through the second boundary of film 1, thereby forming parallel light beam 7 that is polarized perpendicularly to the pattern. The sectioned translucent half-wave birefringent plate does not practically affect polarization of parallel light beams 7, because the transverse dimensions of its sections 4 are selected to be much smaller than those of spatial lenses 2 (e.g the transverse dimensions of sections 4 of half-wave plate are 10 mcm, and those of the microlenses are 100-200 mcm). The linearly-polarized, perpendicularly to the pattern plane, component 8 of non-polarized light 5 incident on the polarizer, having passed through spatial lens 2 made of a birefringent material, wherein optical axis 3 is situated in the pattern plane and the extraordinary refractive index exceeds that of the isotropic material of film 1, is focused by lens 2 on the second surface of film 1, whereon disposed is section 4 of the sectioned translucent half-wave birefringent plate, which plate, when convergent light beam 8 passes therethrough, changes its polarization, thus forming divergent light beam 9, that is polarized perpendicularly to the pattern plane. Such change of the polarization plane is caused by the known optical properties of a translucent half-wave birefringent plate. Divergence of light beam 9 depends on the ratio of the transverse

dimensions of lens 2 and thickness of film 1, and when value of said ratio is sufficiently small (e.g. 1:10, when the transverse dimension of a lens is 100  $\mu\text{m}$ , and a film is 1 mm thick) it can be determined as not exceeding  $3^\circ$ , which value is acceptable in most applications. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 that have identical linear polarization of an high degree.

Fig. 2 schematically shows a general view of the proposed polarizer whose cross-section is shown in Fig. 1. The polarizer is implemented in the form of a single film or plate 1 on whose first surface applied is a system of cylindrical microlenses 2 made of a birefringent material, and on the second surface of film or plate 1 applied is a means for changing polarization of a linearly-polarized light beam incident thereon in the form of a system of strips 4 of translucent birefringent films, which system is optically matched with said system of cylindrical microlenses 2. Fig. 2 also shows the travel path of non-polarized beam light 5 that is incident in the polarizer, and that of directionally-coincidental light beams 7 and 9, leaving the polarizer and being linearly-polarized in a single plane.

Fig. 3 schematically shows a cross-section of an embodiment of the proposed polarizer implemented in the form of a single film 1 on whose surface applied are: a polarizing means in the form of spatial lenses 2 made of a birefringent material, and a means for changing polarization of polarized light beams 6, which means is implemented in the form of a sectioned translucent half-wave birefringent plate whose sections 4 are disposed outside the focuses of said spatial lenses 2. Means for changing polarization of polarized light beams 6 can also be implemented in the form of a sectioned translucent polymerized birefringent layer of a liquid crystal having the twisted structure, with rotation of optical axis of a liquid crystal within thickness of said layer by angle  $90^\circ$ , sections of this means being also disposed outside the focuses of said spatial lenses 2.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, in Fig. 3 the travel path of rays of different polarizations 6 and 8, and, respectively, that of their continuations 7 and 9 are shown on adjacent elementary cells of the considered polarizer). Non-polarized light 5 is incident on a first surface of the polarizer whereon spatial lenses 2 are disposed. Having passed through a spatial lens made of a birefringent material and wherein the optical axis is disposed in the pattern plane and the ordinary refractive index is equal to that of an isotropic material of film 1, the linearly-



polarized, perpendicularly to the pattern plane, component 6 of non-polarized light 5 incident on the polarizer is not refracted on the interface of lens 2 and film 1, such that light beam 6, still retains the direction and shape of incident light beam 5. Light beam 6 while passing through the second boundary of film 1, whereon disposed are sections 4 of a sectioned translucent half-wave birefringent plate, changes its polarization thereby forming parallel light beam 7 that is polarized in the pattern plane. Such change of the polarization plane is caused by the known optical properties of a translucent half-wave birefringent plate. Spacings between sections of the sectioned translucent half-wave birefringent plate do not practically affect polarization of parallel light beams 7, because the transverse dimensions of said spacings are selected to be much smaller than those of spatial lenses 2 (e.g. the transverse dimensions of sections 4 of the half-wave plate are 10 mcm, and those of the microlenses are 100-200 mcm). The linearly-polarized in the pattern plane component 8 of non-polarized light 5 incident on the polarizer, having passed through spatial lens 2 made of a birefringent material, wherein optical axis 3 is disposed in the pattern plane and the extraordinary refractive index exceeds that of an isotropic material of film 1, is focused by lens 2 on the second surface of film 1, reaching a spacing between two adjacent sections 4 of the sectioned translucent half-wave birefringent plate, and leaving the polarizer in the form of divergent light beam 9 polarized, as beam 8, in the pattern plane. Divergence of light beam 9 depends on the ratio of the transverse dimensions of lens 2 and thickness of film 1, and when value of said ratio is sufficiently small (e.g. 1:10 when the transverse dimension of a lens is 100 mcm, and a film is 1 mm thick) it can be determined as not exceeding  $3^\circ$ , which value is acceptable in most applications. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 practically completely is converted into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 that have identical linear polarization of an high degree.

Fig. 4 schematically shows a cross-section of an embodiment of the proposed polarizer implemented in the form of a single film 1 on whose surface applied are: a polarizing means in the form of amplitude-zone plates 2 made of interleaved layers of birefringent and isotropic materials, and a means for changing polarization of polarized light beams 6 and 8, which means is implemented in the form of a sectioned translucent quarter-wave birefringent plate whose sections 4 are disposed outside the focuses of said amplitude-zone plates 2, in spacings between sections of said quarter-wave plate in the

focuses of said amplitude-zone plates disposed are translucent birefringent plates 4.1 that determine the phase difference between the ordinary and extraordinary rays, which difference differs by  $\pi$  from that determined by said translucent quarter-wave birefringent plates 4.

Operation of the proposed polarizer can be explained as follows (for a more ready understanding, in Fig. 4 the travel path of rays of different polarizations 6 and 8, and, respectively, that of their continuations 7 and 9 are shown on adjacent elementary cells of the considered polarizer). Non-polarized light 5 is incident on a first surface of the polarizer whereon amplitude-zone plates 2 are situated. Having passed through amplitude-zone plate 2 made of interleaved layers of birefringent and isotropic materials, and wherein the optical axis 3 of said birefringent material is disposed in the pattern plane and the ordinary refractive index is equal to that of said isotropic material, the linearly-polarized, perpendicularly to the pattern plane, component 6 of non-polarized light 5 incident on the polarizer is not reflected from the interfaces of the interleaved birefringent and isotropic layers, such that light beam 6 still retains the direction and shape of incident light beam 5. Light beam 6, that is linearly polarized perpendicularly to the pattern plane, while passing through the second boundary of film 1, whereon disposed are, outside the focus of said translucent quarter-wave birefringent plate 2, sections 4 of the sectioned translucent quarter-wave birefringent plate, changes its polarization thereby forming parallel circularly-polarized light beam 7. Thereby translucent birefringent plate 4.1 disposed in spacings between said sections 4 of the sectioned translucent quarter-wave birefringent plate, that determines the phase difference between the ordinary and extraordinary rays, differing by  $\pi$  from that determined by said sections 4 of the translucent quarter-wave birefringent plate, does not practically affect polarization of parallel light beams 7, because its the transverse dimensions are selected to be much smaller than those of amplitude-zone plate 2 (e.g. the transverse dimensions of birefringent plate 4.1 are 10 mcm, and those of the amplitude-zone plate are 100-200 mcm). The linearly-polarized in the pattern plane component 8 of non-polarized light 5 incident on the polarizer, having passed through amplitude-zone plate 2 made of interleaved layers of birefringent and isotropic materials, wherein optical axis 3 of said birefringent material is situated in the pattern plane and the extraordinary refractive index exceeds that of said isotropic material, is focused by amplitude-zone plate 2 on the second surface of film 1, whereon disposed is translucent

birefringent plate 4.1 that determines the phase difference between the extraordinary and ordinary rays, differing by  $\pi$  from the phase difference determined by quarter-wave birefringent plates 4, which plate, when convergent light beam 8, linearly-polarized in the pattern plane, passes therethrough, changes its polarization thereby forming divergent circularly-polarized light beam 9 of the same sign as the circularly-polarized light in beam 7. Such change of the polarization plane in beams 7 and 9 is caused by the known optical properties of, respectively, a translucent quarter-wave birefringent plate and a birefringent plate that determines the phase difference between the extraordinary and ordinary rays, differing by  $\pi$  from the phase difference determined by a quarter-wave plate. Divergence of light beam 9 depends on the ratio of the transverse dimensions of amplitude-zone plate 2 and thickness of film 1, and when value of said ratio is sufficiently small (e.g. 1:10 when the transverse dimension of a lens is 100 mcm, and a film is 1 mm thick) it can be determined as not exceeding  $3^\circ$ , which value is acceptable in most applications. Thus, as the result of operation of the polarizer, energy of non-polarized light 5 is converted, with an high efficiency, into energy of outgoing polarized beams 7 and 9 that have identical linear polarization of an high degree.

Fig. 5 shows a cross-section of one of the possible designs of an amplitude-zone plate, used in embodiment according to Fig. 4.

In design of amplitude-zone plate 2, whose cross-section is shown in Fig. 5, used are areas 2.1 of a birefringent material having refractive index  $n_o$  of the ordinary ray and  $n_e$  of the extraordinary ray, whose conventionally designated optical axes 3 are disposed in the pattern plane, situated between layers of optically isotropic material 2.2, 2.3, and 2.4, having refractive index  $n_o$ . Owing to this circumstance, said zone plate transmits, without a change in the beam geometry and light intensity, light beams 5.1 and 5.3 polarized perpendicularly to the pattern plane, forming at output of said zone plate parallel light beam 6 that is linearly-polarized perpendicularly to the pattern plane, and transmits beams 5.4, while deterring beams 5.2, both linearly-polarized in the pattern plane, forming therefrom, by virtue of the diffraction phenomenon, convergent beam 8, also linearly-polarized in the pattern plane. To provide the above-discussed function of said zone plate, certain ratios of refractive indices  $n_e$ ,  $n_o$ , wavelength  $\lambda$ , layer thickness 2.1. as well as thickness of layers 2.2. and 2.4 in case of a multi-layer amplitude-zone plate, must be maintained, which ratios ensure that beams 5.2 that are linearly-polarized in the pattern

plane will not be transmitted by areas of said amplitude-zone plate having regions 2.1 of a film of a birefringent material due to the interference phenomenon in thin films. Thus, for the case shown in Fig. 5, this ratio is  $2d_2n_e + \lambda/2 = m\lambda$ , where  $m$  is an integer referred to as the interference order. Thus, at output of a zone plate formed are two light beams - the parallel 6 and the convergent 8 ones, having linear polarization in two mutually orthogonal planes.

The shown in Fig. 1 - 4 designs of means for dividing each of non-polarized light beams 5 into two linearly-polarized light beams 6 and 8 having different linear polarizations, and a means for changing polarization of at least one of polarized light beams 6 and 8 can be combined with one another in other possible versions.

Thus, the claimed polarizer provides conversion of practically all energy of the non-polarized radiation into the polarized one, and has a relatively simple design being at least one film or plate on whose surface applied is a polarizing means in the form of microfocusing optical elements made of a birefringent material, which elements have different focal power for each polarized light component and optically coincidental with a means, applied on the surface of a film or plate, for changing polarization, and implemented in the form of a sectioned translucent birefringent plate or layer.

## CLAIMS

1. A polarizer, including a polarizing means for dividing a plurality of non-polarized light beams, constituting a light incident on the polarizer, into the same plurality of identical pairs of differently polarized light beams, and a means for changing polarization of at least one plurality of identically polarized light beams comprised by said plurality of pairs of differently polarized light beams, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least one film or plate, said means being applied on its surface, said polarizing means being implemented in the form of microfocusing optical elements made of a birefringent material and having different focal power for each polarized light component and optically matched with the polarization changing means implemented in the form of a sectioned translucent birefringent plate or layer.
2. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the microfocusing optical element is implemented in the form of a spatial lens comprising at least one layer of a birefringent material interfaced with at least one layer of an isotropic material.
3. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the microfocusing optical element is implemented in the form of an amplitude-zone plate whose even zones are made of at least three interleaved birefringent and optically isotropic layers, its odd zones being made of an optically isotropic material.
4. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for changing polarization is implemented in the form of a sectioned translucent half-wave birefringent plate having sections disposed in the focuses of the microfocusing optical elements.
5. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for changing polarization is implemented in the form of a sectioned translucent half-wave birefringent plate having sections disposed outside the focuses of the microfocusing optical elements.
6. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for changing polarization is implemented in the form of a sectioned translucent quarter-wave birefringent plate having sections disposed outside the focuses of light-focusing optical elements and in the form of translucent birefringent plates that determine the phase

difference between the ordinary and extraordinary rays, differing by  $\pi$  from the phase difference determined by sections of said quarter-wave birefringent plate, and that are disposed in the focuses of said light-focusing optical elements.

7. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for changing polarization is implemented in the form of a sectioned translucent polymerized planar layer of a liquid crystal having the twisted structure, with rotation of optical axis of a liquid crystal within thickness of said layer by angle  $90^\circ$ , with sections disposed in the focuses of the light-focusing optical elements.
8. The polarizer as claimed in claim 1, characterized in that the means for changing polarization is implemented in the form of a sectioned translucent polymerized planar layer of a liquid crystal having the twisted structure, with rotation of optical axis of a liquid crystal within thickness of said layer by angle  $90^\circ$ , with sections disposed outside the focuses of the light-focusing optical elements.

References taken into account in drafting this application.

1. US patent 5,007,942, cl. G 02 B 5/30, publ. 1991
2. Russian Federation patent 2068573, cl. G 02 F 1/13, publ. 1996
3. US patent 5,650,873 cl. G 02 B 5/30, publ. 1997 - prototype
- 4 US patent 2,524,286, translucent. 350-155, publ. 1950

## ABSTRACT

The invention relates to optics, particularly to optical polarizers, and can be suitably used in liquid-crystal displays, inclusive of those of the projection type, in lighting fixtures, optical instruments.

Proposed is a polarizer including a polarizing means for dividing a plurality of non-polarized light beams, constituting a light incident on the polarizer, into the same plurality of identical pairs of differently polarized light beams, and a means for changing polarization of at least one plurality of identically polarized light beams comprised by said plurality of pairs differently polarized light beams, characterized in that said polarizer is implemented in the form of at least one film or plate, said means being applied on its surface, said polarizing means being implemented in the form of microfocusing optical elements made of a birefringent material and having different focal power for each polarized light component and optically matched with the polarization changing means implemented in the form of a sectioned translucent birefringent plate or layer.

The claimed polarizer provides conversion of practically entire energy of the non-polarized radiation into the polarized one, and has a relatively simple design being at least one film or plate having, applied on its surface, a polarizing means and means for changing polarization.

7 dep. claims, 5 figs